УДК 519.816

Г.В. Горелова, А.И. Хлебникова
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»
Технологический институт, г. Таганрог, Россия
g.v.gorelova@gmail.com, khlebnia@hotmail.com

Когнитивное моделирование для интеллектуальной системы поддержки принятия решений управления транзитной торговлей

Представлены результаты когнитивного моделирования системы управления транзитной торговлей промышленными товарами, которые описывают механизм функционирования системы, сценарии ее возможного развития, структурные свойства. Когнитивная модель определяет структуру организации базы моделей и базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Введение

Целью исследования, результаты которого представлены в данной статье, является повышение эффективности управления транзитной торговли путем разработки интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений (ИСППУР).

Основными задачами, которые необходимо было решить, являются следующие:

1. Исследование состояния транзитной торговли в современных условиях.
2. Анализ возможности применения когнитивного моделирования для разработки интеллектуальных модулей СППР.
3. Когнитивное моделирование системы управления транзитной торговлей.

В настоящее время небольшие оптовые торговые компании являются наиболее простой в организации формой малого бизнеса в транзитной торговле различными видами товаров промышленного, бытового, строительного назначения; в таком бизнесе задействованы сотни тысяч человек. Эти компании играют существенно большую макроэкономическую роль, но зачастую управление ими малоэффективно как для самой компании, так и для потребителей продукции в сравнении с крупными торговыми сетями. Особенно это касается организации транзитной торговли, когда товар на пути к розничному торговцу или конечному потребителю проходит через цепочку из нескольких посредников, увеличивая добавленную стоимость. Поэтому возникает проблема повысить эффективность решений в области управления транзитной торговлей, как для торговых компаний, так и для потребителей. Одним из путей решения этой проблемы является разработка систем поддержки принятия управленческих решений (СППУР) [1-3] в данной предметной области и внедрение их в практику управления торговых фирм. Несмотря на то, что в настоящее время существует большое количество различных типов СППУР, обеспечивающих логистическую деятельность, они в основном предназначены для крупных компаний. В данной работе предлагается проектировать системы поддержки принятия решений для небольших фирм, которые позволяли бы эффективно реагировать на быстро изменяющуюся внешнюю среду, предвидя возможное развитие ситуаций на рынке под воздействием разнообразных факторов. Для этих целей предлагается использовать методологию когнитивного моделирования [4-11], которая может быть основой разработки базы моделей и базы знаний интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений.

Когнитивные технологии считаются весьма перспективными при разработке интеллектуальных систем, в том числе интеллектуальных систем поддержки управленческих решений (ИСППР) [1], [2]. ИСППР предназначены для помощи лицам, принимающим решения (ЛПР), при управлении сложными объектами и процессами различной природы в реальном масштабе времени при наличии в имеющейся информации (данных и знаниях) различного рода неопределенностей (неполноты, неточности, противоречивости и т.п.). Под сложным объектом понимается объект, имеющий сложную архитектуру с множеством взаимосвязей. ИСППР принадлежат к классу интегрированных ИС, сочетающих строгие математические методы и модели поиска решения с нестрогими, эвристическими моделями и методами, базирующимися на экспертных знаниях, моделях человеческих рассуждений и накопленном системой опыте.

Применение моделей и методов поиска решения на основе когнитивных моделей в ИСППР позволяет ЛПР в реальном масштабе времени принимать адекватные управляющие воздействия на объект в различных ситуациях.

Когнитивное моделирование системы управления транзитной торговлей промышленными товарами

Хотя компании транзитной торговли занимают существенное место в макроэкономике, но их роль далеко не всегда позитивна. Зачастую, исключая случай с реализацией товара мелкооптовыми партиями крупными торговыми компаниями товар на пути к розничному торговцу или конечному потребителю проходит через цепочку из нескольких посредников. Это обстоятельство не только создает значительную добавленную стоимость, но и создает значительные дополнительные риски. Кроме того, в силу низкой квалификации и низкого уровня знаний о рынке, отсутствия навыков и наработанных хозяйственных связей с предприятиями транспорта и логистической сферы в целом, такие компании становятся источником неэффективных решений в области логистики товародвижения, с одной стороны, давая дополнительную работу предприятиям транспорта и логистики, а с другой стороны, снижая экономическую эффективность своих потребителей и делая, например, мелких розничных торговцев неконкурентоспособными по ценам в сравнении с крупными торговыми сетями [12].

Для того чтобы представить слабоструктурированные проблемы принятия решений в сфере управления транзитной торговлей, воспользуемся приемами когнитивного моделирования [4-7]. Основными операциями когнитивного моделирования являются: разработка когнитивной карты исследуемой системы, анализ ее структурных свойств, свойств устойчивости, связности, сложности, чувствительности решений, сценарный анализ, осуществляемый путем импульсного моделирования на когнитивной карте [4], [5], [8-11].

Для построения когнитивной карты транзитной торговли необходимо проанализировать функционирование предприятия с позиции его взаимодействия с окружающей средой, контрагентами, а также воздействие внутренних причин, возникающих в результате действий субъектов управления.

С позиции системного подхода [13] определим цели деятельности торговой компании. Основной целью деятельности такой компании является увеличение доходности ее операционной деятельности, обеспечивающее долгосрочное устойчивое существование. Доходность торговой компании в целом зависит от доходности каждой отдельно взятой сделки, на эффективность которой влияет множество факторов, таких как: цены поставщика, возможность доставки различными видами транспорта, развитость логистической инфраструктуры поставщика и клиента, квалификация персонала отдела продаж, скорость принятия решения и пр. В совокупности все эти факторы определяют доходность сделки и, как следствие, доходность предприятия.

Можно выделить следующие блоки факторов, влияющих на доходность сделки: *Блок 1* – «Рынок промышленных товаров»; *Блок 2* – «Транспортировка»; *Блок 3* – «Информация»; *Блок 4* – «Финансирование»; *Блок 5* – «Внешние факторы».

Состав *Блока 1 «Рынок промышленных товаров»*: 1) цены поставщиков, 2) цены клиентов, 3) заявка клиента, 4) уровень конкуренции.

Состав *Блока 2 «Транспортировка»:* 1) стоимость перевозки различными видами транспорта, 2) возможности транспортной логистики клиента/поставщика, 3) возможности складской логистики клиента/поставщика, 4) эффективность транспортной схемы сделки, 5) географическая распределенность бизнеса, 6) возможность попутной поставки, 7) вид транспорта.

Состав *Блока 3 «Информация»*: 1) качество управления, 2) скорость обмена информацией, 3) уровень базы знаний предприятия, 4) качество информационно-технологической базы предприятия, 5) уровень персонала.

Состав *Блока 4* «*Финансирование»*: 1) объемы оборотных средств предприятия, 2) доступность рынка кредитования, 3) уровень доходности сделки.

Названные факторы являются внутренними факторами, влияющими на систему управления торговой деятельностью компании. Для анализа взаимодействий системы управления с внешней средой необходимо определить внешние факторы и соответственно *Блок 5 «Внешние факторы»*: 1) налоговая система, 2) административные ресурсы, 3) государство, 4) банковская система, 5) уровень административных ресурсов, 6) тарифы.

Для дальнейшего построения модели необходимо структурировать и обозначить факторы указанных блоков. Состав блоков и их взаимодействие приведены на рис. 1.

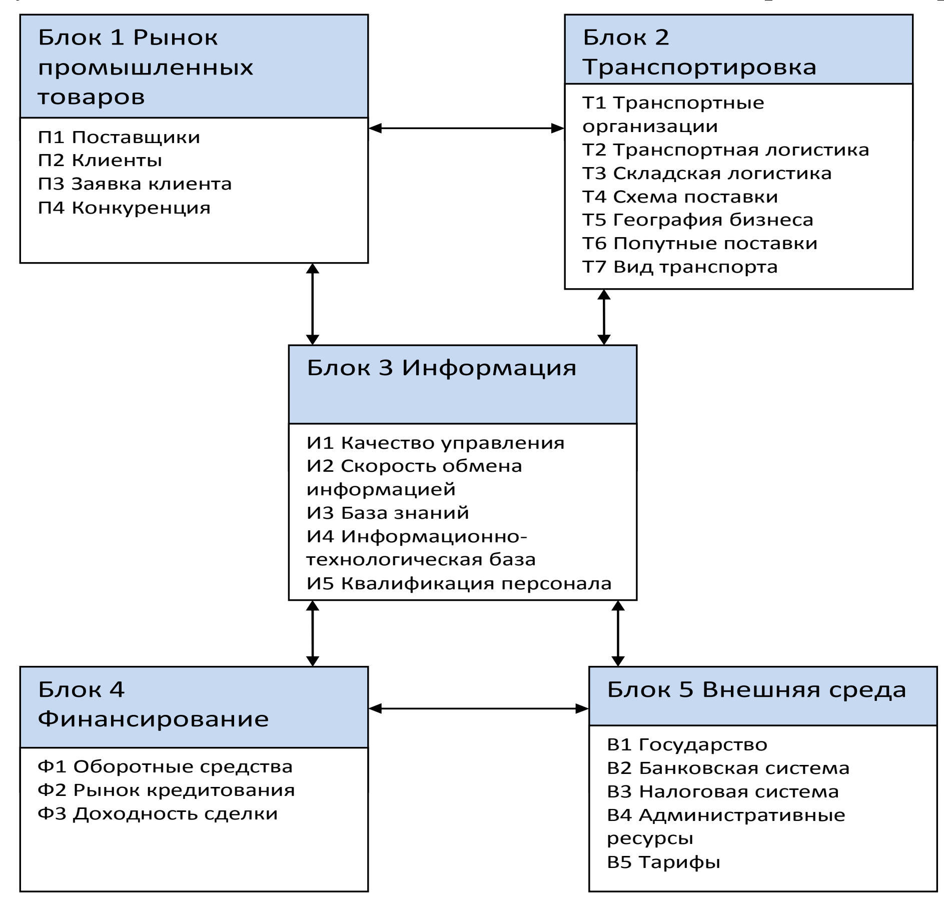


Рисунок 1 – Состав и взаимодействие блоков модели системы управления оптовой торговлей промышленными товарами

Установление взаимосвязей между выделенными факторами

Эвристическое описание смысла отдельных параметров и связей между ними представлено ниже. В соответствии с описанными экономическими стратами были построены блоки когнитивных моделей, представленные на рис. 2 – 6. Положительные связи между вершинами модели обозначены сплошными дугами, а отрицательные связи – пунктирными дугами.

Рыночная среда. 1) Повышение уровня конкуренции влечет снижение цен поставщиков: П4 $\xrightarrow{+}$ П1. 2) Повышение уровня конкуренции влечет увеличение спроса: П4 $\xrightarrow{+}$ П2. 3) Цена поставщика влияет на выбор поставщика и объем заявки клиента П1 $\xrightarrow{+}$ П3. 4) Потребность клиента влияет на формирование заявки клиента П2 $\xrightarrow{+}$ П3. 5) Конкуренция также влияет на транспортные компании, чем выше конкуренция, тем дешевле стоимость перевозки П4 $\xrightarrow{+}$ Т1.

Транспортировка. 1) Транспортная логистика контрагентов (поставщиков и клиентов) влияет на выбор вида транспорта Т2 $\xrightarrow{+}$ Т1. 2) Возможности логистической инфраструктуры склада также влияют на выбор транспорта Т3 $\xrightarrow{+}$ Т1. 3) Вид транспорта влияет на выбор транспортной организации Т7 $\xrightarrow{+}$ Т1. 4) Цена доставки, определяемая выбором перевозчика, влияет на схему поставки Т1 $\xrightarrow{+}$ Т4. 5) Возможность попутной поставки влияет на выбор транспортной организации Т6 $\xrightarrow{+}$ Т1. 6) Возможность попутной поставки влияет на схему поставки Т6 $\xrightarrow{+}$ Т4.

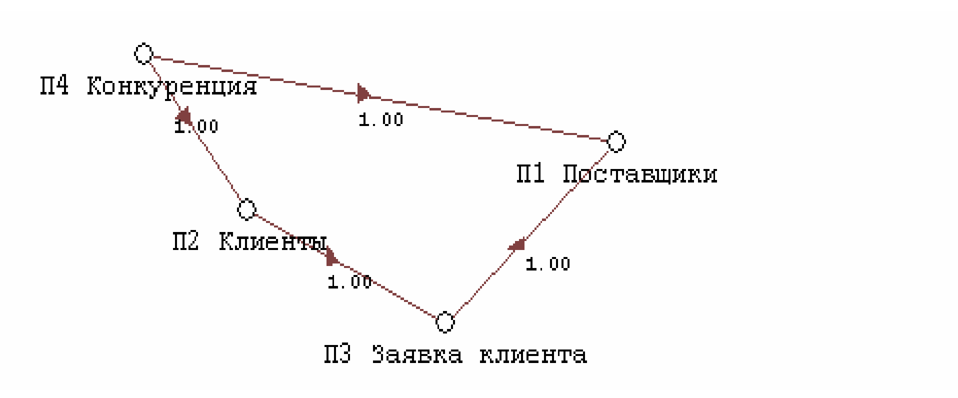


Рисунок 2 – Блок 1 «Рыночная среда предприятия»

Информация. 1) Уровень базы знаний предприятия влияет на качество управления И3 $\xrightarrow{+}$ И1. 2) Уровень базы знаний положительно влияет на уровень квалификации персонала И3И5. 3) Уровень информационно-технологической базы предприятия оказывает положительное влияние на скорость обмена информацией И4И2. 4) Уровень информационно-технологической базы предприятия влияет на доступность базы знаний И4И3. 5) Уровень квалификации персонала положительно влияет на качество управления И5И1. 6) Скорость обмена информацией положительно влияет на качество управления И2И1.

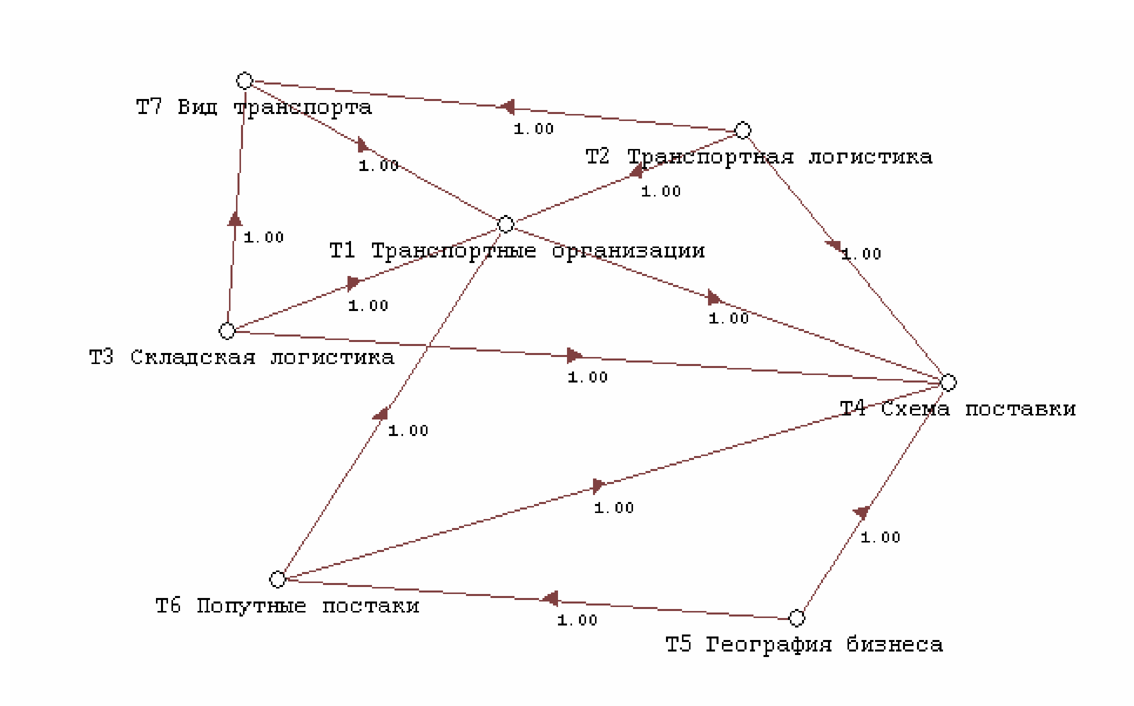


Рисунок 3 – Блок 2 «Транспортировка»

Финансирование. 1) Возможности рынка кредитования оказывают положительное влияние на объем оборотного капитала предприятия Ф2 $\xrightarrow{+}$ Ф1. 2) Оборотный капитал влияет на доходность сделки Ф1Ф3

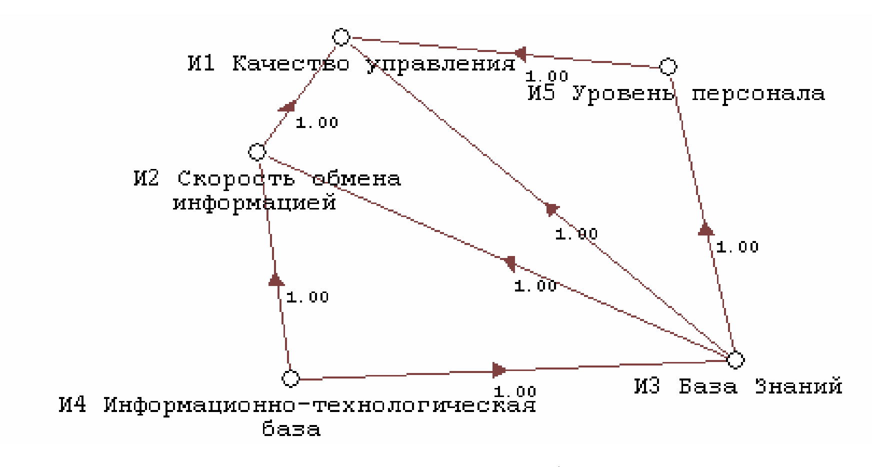


Рисунок 4 – Блок 3 «Информация»

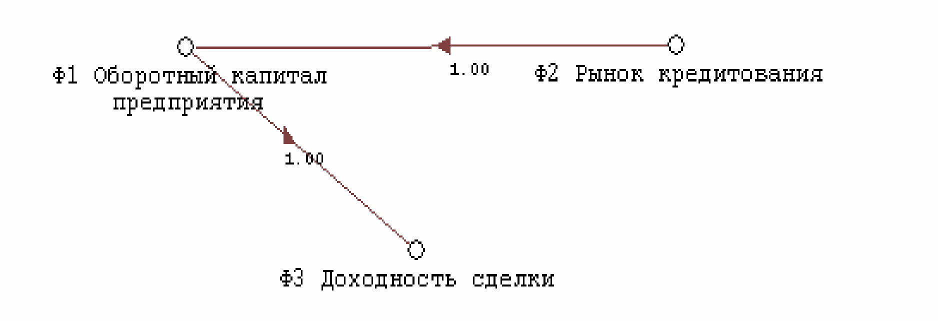


Рисунок 5 – Блок 4 «Финансирование»

Внешняя среда. 1) Государство оказывает существенное влияние на деятельность предприятий посредством регулирования тарифов на ж/д перевозки, а также регулированием цен на ГСМ В1В5. 2) Государство оказывает регулирующее воздействие на налоговую систему страны В1В3. 3) Государство через ЦБ РФ оказывает влияние на банковскую систему В1В2. 4) Государство обладает значительным административным ресурсом, способным воздействовать на товарные рынки В1В4.

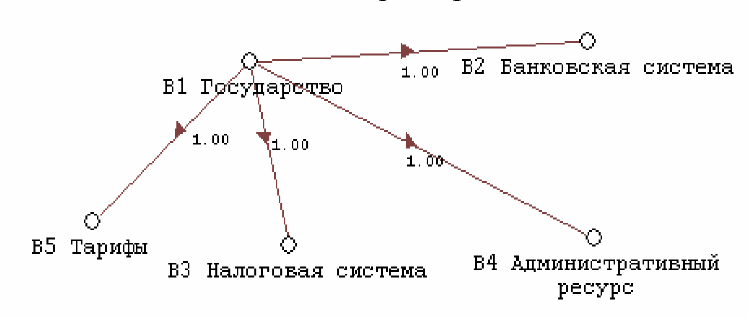


Рисунок 6 – Блок 5 «Внешняя среда»

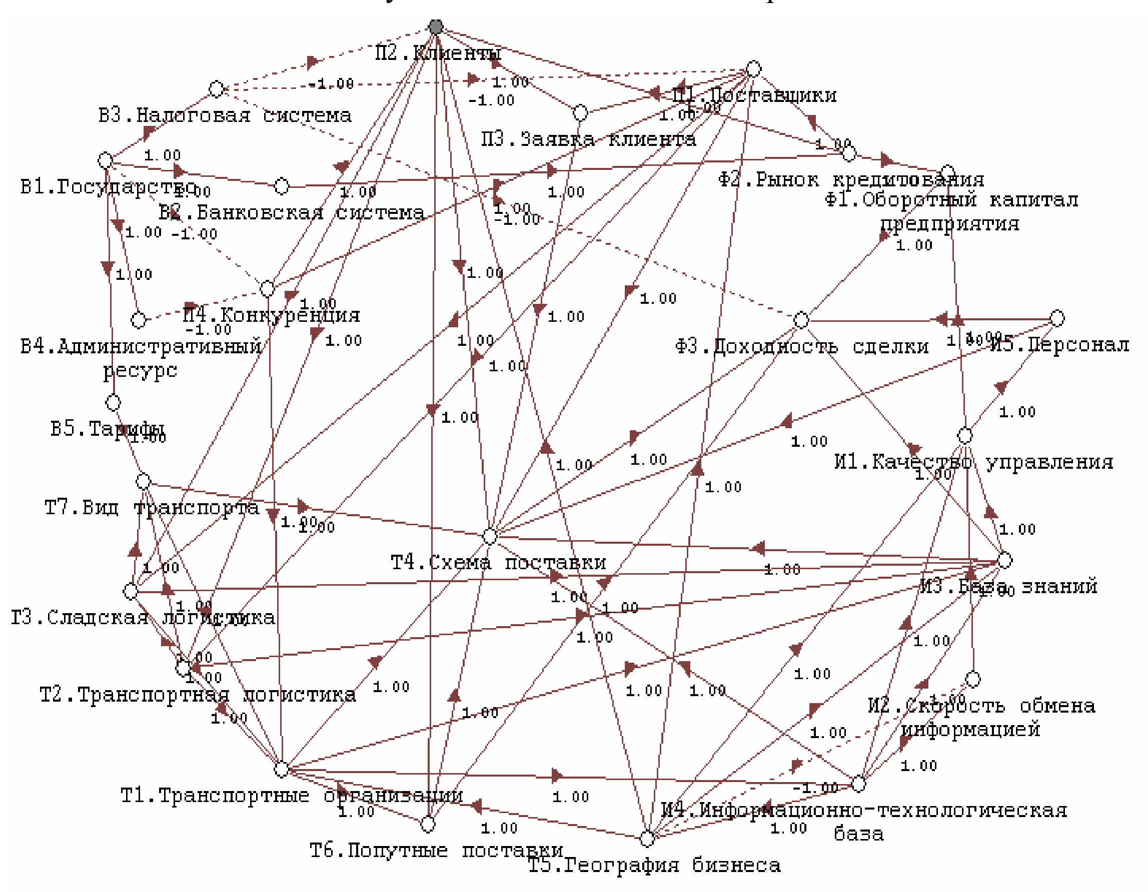


Рисунок 7 – Когнитивная карта «Система управления оптовой торговлей промышленными товарами»

Среди вершин когнитивной модели были выделены управляющие вершины, через которые будут подаваться управляющие воздействия; целевые, заданное изменение которых необходимо достигнуть, и вершины-индикаторы, которые характеризуют развитие экономических процессов модели.

Характеристика вершин модели представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Качественные характеристики показателей модели

№	Наименование показателя	Краткое имя показателя	Блок показателя	Структурная особенность	Измеримость
1	Поставщики	П1	Блок 1. Рыночная среда	Управляющий	Количественный
2	Клиенты	П2		Управляющий	Количественный
3	Заявка клиента	П3		Индикатор	Количественный
4	Конкуренция	П4		Индикатор	Качественный
5	Транспортные организации	Т1	Блок 2. Транспортировка	Целевой	Количественный
6	Транспортная логистика	Т2		-	Качественный
7	Складская логистика	Т3		-	Качественный
8	Схема поставки	Т4		Целевой	Количественный
9	География бизнеса	Т5		Управляющий	Качественный
10	Попутные поставки	Т6		-	Качественный
11	Качество управления	И1	Блок 3. Информация	Целевой	Качественный
12	Скорость обмена информацией	И2		Индикатор	Качественный
13	База знаний	И3		Управляющий	Качественный
14	Информационно-технологическая база	И4		Управляющий	Качественный
15	Персонал	И5		Индикатор	Качественный
16	Оборотный капитал предприятия	Ф1	Блок 4. Финансирование	Индикатор	Количественный
17	Рынок кредитования	Ф2		Управляющий	Качественный
18	Доходность сделки	Ф3		Целевой	Количественный
19	Государство	В1	Блок 5. Внешние факторы	Управляющий	Качественный
20	Банковская система	В2		Управляющий	Качественный
21	Налоговая система	В3		Управляющий	Качественный
22	Административный ресурс	В4		Индикатор	Качественный
23	Тарифы	В5		Управляющий	Количественный

На когнитивной карте «Система управления оптовой торговлей промышленными товарами» было проведено импульсное моделирование возможных сценариев развития системы. Импульс в импульсном процессе на когнитивных картах при теоретическом исследовании представляется упорядоченной последовательностью значений $x_i(n)$, $x_i(n+1)$, ... в i вершинах без привязки ко времени, которая может быть дана при интерпретации результатов вычислительного эксперимента. Моделирование импульсных процессов определяется выражением

$$x_i(n+1) = x_{vi}(n) + \sum_{j=1}^{k-1} f_{ij} P_j(n) + Q_i(n) . \quad (1)$$

В формуле $x_i(n)$ – величина импульса в вершине i в предыдущий момент (такт моделирования) (n), $x_i(n+1)$ – в интересующий исследователя $(n+1)$; f_{ij} – коэффициент преобразования импульса, на начальных этапах моделирования полагают $f_{ij}=1$; $P_j(n)$ – значение импульса в вершинах, смежных с вершиной i; $Q_i(n)$ – вектор возмущений и

управляющих воздействий, вносимых в вершину i в момент n. При внесении $Q_i(n)$ исследуется вопрос, «а что будет в момент $(n+1)$, если…?». Набор реализаций импульсных процессов носит название «сценарий развития» и указывает на возможные тенденции развития ситуаций. Ситуация в импульсном моделировании характеризуется набором всех Q и значений X в каждом такте моделирования. Расчетная формула, полученная из выражения (1), определяет изменения параметров вершин следующим уравнением:

$$X_n = X_{n-1} + AR_{n-1} + Q_{n-1},$$

где A – матрица отношений графа (когнитивной карты),

$$R_n = A^{n-1}Q_0 + A^{n-2}Q_1 + \ldots + AQ_{n-2} + IQ_{n-1}, \qquad (2)$$

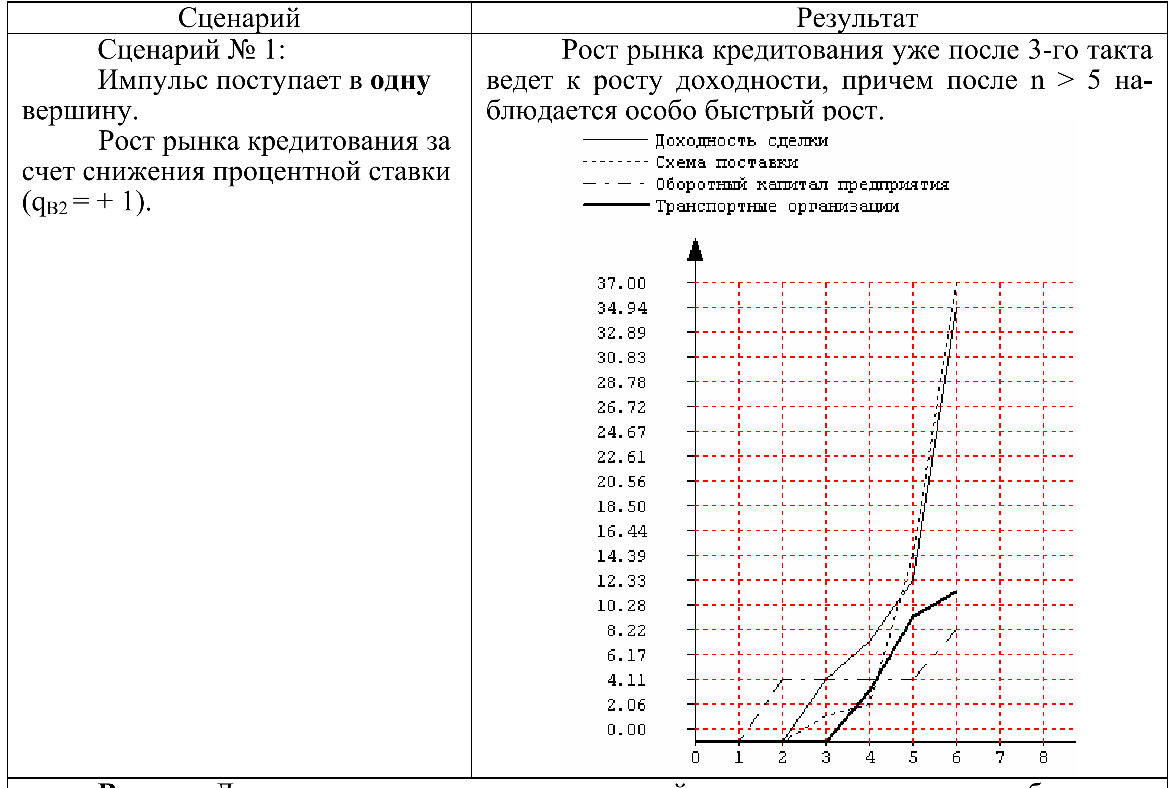
где I – единичная матрица.

Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования требует предварительного его планирования. Планирование заключается в выборе вершин, в которые должны вноситься возмущающие воздействия, задании комбинации вершин, выборе моментов внесения возмущений. Это можно сделать экспертным путем и применяя методы планирования активного эксперимента. Кроме того, выбор вершин определяется предварительным разбиением их на блоки управляющих, возмущающих, индикативных вершин.

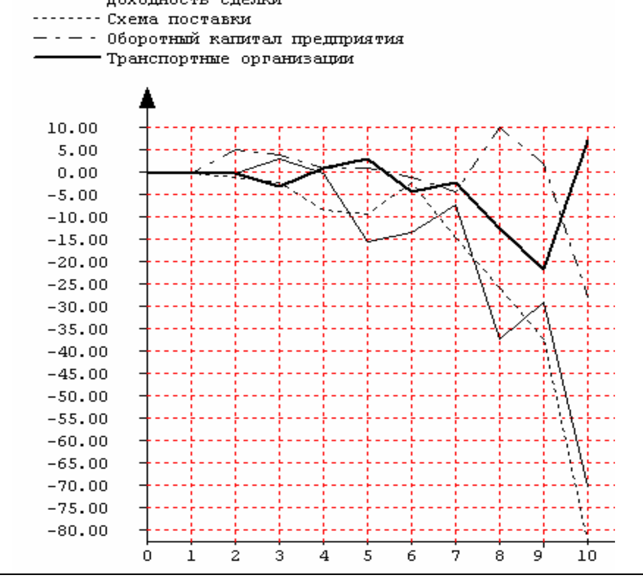
При исследовании данного объекта план эксперимента состоял из 11 сценариев, получаемых путем последовательного внесения возмущений в одну, две, три вершины. Количество тактов моделирования определялось по результатам наблюдения за тенденцией развития процессов до тех пор, пока переставали наблюдаться изменения тенденций и их характер становился вполне очевидным.

В табл. 2 приведены примеры наиболее характерных сценариев развития системы и дан их анализ. Эти результаты дают основание рекомендовать соответствующий набор управляющих воздействий.

Таблица 2 – Результаты имитационного моделирования сценариев развития ситуаций

Сценарий	Результат
Сценарий № 1: Импульс поступает в **одну** вершину. Рост рынка кредитования за счет снижения процентной ставки ($q_{B2} = +1$).	Рост рынка кредитования уже после 3-го такта ведет к росту доходности, причем после n > 5 наблюдается особо быстрый рост. 
Вывод: Доходность торговых предприятий напрямую зависит от оборотных средств, увеличение которых даёт благоприятные возможности на рынке кредитования.	

<table>
<tr><td>Сценарий №2:
Импульс поступает в две вершины.
Рост тарифов РЖД ($q_{В5} = -2$), увеличение рынка кредитования ($q_{В2} = +1$)</td><td>Увеличение тарифов влечет за собой увеличение затрат на транспортировку, в этом случае до 5-го такта моделирования наблюдается снижение показателей стоимости перевозки и доходности сделки, но далее идет заметное нарастание амплитуды показателей за счет увеличения возможностей привлечения заемных средств с рынка кредитования.

</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вывод: Увеличение тарифов на транспортировки отрицательно влияет на доходность сделки, но при благоприятных возможностях привлечения заемных средств доходность сделки начинает расти.</td></tr>
<tr><td>Сценарий №3:
Импульс поступает в три вершины.
Рост тарифов РЖД ($q_{В5} = -2$), увеличение рынка кредитования ($q_{В2} = +1$), сбой в работе информационно-технологической базы предприятия ($q_{И4} = -1$)</td><td>Сбой в работе информационно-технологической базы предприятия влечет за собой падение показателя доходности сделки начиная с 4-го такта моделирования, а после 6-го такта начинается резкий обвал доходности и эффективности схемы поставки и снижение оборотного капитала компании.

</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вывод: Сбой в работе информационно-технологической базы, несмотря на временное увеличение оборотных средств, влечет за собой резкое снижение доходности, что говорит о зависимости деятельности предприятия от надежности функционирования информационной базы и необходимости.</td></tr>
</table>

Заключение

Когнитивное моделирование сложных систем дает возможность представить взаимосвязи между многими элементами системы, отразить всю картину в целом, не теряя детали. Когнитивная карта системы и методы ее анализа определяют структуру базы знаний и базы моделей интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Предлагается при проектировании интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в ее структуру вводить интеллектуальные когнитивные модули, состоящие из когнитивных моделей и правил принятия решений на этих моделях.

Литература

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений / Трахтенгерц Э.А. – М. : СИНТЕГ, 1998. – 375 с. – Серия «Информатизация России на пороге XXI века».
2. Интеллектуализированные компьютерные технологии поддержки принятия решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ipu.ru/labs/lab51/projects.htm.
3. Башмаков А.И. Интеллектуальные информационные технологии : учеб.пособие / А.И. Башмаков, И. А Башмаков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
4. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию / В.И. Максимов // Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001). Т. 1. – М. : ИПУ РАН, 2001. – С. 4-18.
5. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем / [Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С. и др.]. – М. : ИПУ РАН, 2002. – 122 с.
6. Кононов Д.А. Базисные понятия моделирования информационного управления в социальных системах / Д.А. Кононов, В.В. Кульба, Е.Н. Шубин // Теория активных систем : труды междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. – М. : СИНТЕГ, 2003. – С. 125-129.
7. Поиск подходов к решению проблем / [Прангишвили И.В., Абрамова Н.А., Спиридонов В.Ф. и др.]. – М. : СИНТЕГ, 1999.
8. Горелова Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. – Ростов н/Д. : Изд-во Рост. ун-та, 2005. – 288 с.
9. Горелова Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. – Ростов н/Д. : Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.
10. Gorelova G.V. Experience in cognitive modeling of complex systems / Gorelova G.V., et al. // CUBERNETICS AND SYSTEMS 2010, Proceedings of the 20-th European Meeting on Cybernetics and Systems Research. – Pr. in Austria, Vienna, 2010. – P. 220-223.
11. Горелова Г.В. Проектирование интеллектуальных распределенных информационно-управляющих систем / Г.В. Горелова, Э.В. Мельник, Я.С. Коровин // Тр. Междун. науч.-техн. мультиконф. «Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы». – Таганрог : Изд. ТТИ ЮФУ, 2009. – Т. 2. – С. 28-31.
12. Хлебникова А.И. Поддержка принятия решений о выборе поставщика и схемы поставки в оптовой торговле с использованием экономико-математических методов / А.И. Хлебникова // Известия ЮФУ. Технические науки № 4. Тематический выпуск «Информационные и гуманитарные технологии в управлении экономическими и социальными системами». – Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – С. 76-82.
13. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа : учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – СПб. : Изд. СПГГТУ, 1998. – 520 с.

Г.В. Горєлова, А.І. Хлєбнікова

Когнітивне моделювання для інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень керування транзитною торгівлею

Представлені результати когнітивного моделювання системи керування транзитною торгівлею промисловими товарами, які описують механізми функціонування системи, сценарії її можливого розвитку, структурні властивості. Когнітивна модель визначає структуру організації бази моделей і бази знань інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

Статья поступила в редакцию 19.07.2010.